Bodentemperaturen unter verschiedenen Pflanzengesellschaften

Von Richard Biebl, Wien

Mit 9 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. April 1951)

Einleitung.

Die Bodentemperatur stellt einen wesentlichen ökologischen Faktor für Bodentiere und Pflanzen dar. Da der Umfang der Schwankungen mit zunehmender Tiefe schnell abnimmt, können sich Bodentiere zu hohen oder zu tiefen Temperaturen leicht durch Vertikalwanderungen entziehen (Kühnelt 1950). Anders die Pflanze. Ihre Wurzeln müssen nicht allein starke tägliche Temperaturschwankungen mitmachen, sondern durchstoßen bei einer Länge von nur 30 cm schon Bodenschichten, deren Temperaturen zur gleichen Zeit um viele Grade differieren können. Da die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme in hohem Maße von der Temperatur abhängt, ist die Bedeutung der Bodentemperatur für die Tätigkeit des Wurzelsystems offensichtlich (Döring 1935, Rouschal 1935, Nitsche 1937 u. a.). Bei starker Einstrahlung kann sich die Bodenoberfläche um viele Grade über die Lufttemperatur erwärmen und auf extrem insolierten Standorten sind die Pflanzenteile an der Bodenoberfläche als die hitzegefährdetsten anzusehen (Huber 1935). Ältere Beobachtungen über Bodentemperaturen finden sich unter anderem bei Schubert (1930), Schimper-Faber (1935) und Geiger (1942). Aus den letzten Jahren scheinen keine vergleichenden Temperaturbeobachtungen an verschiedenen Böden vorzuliegen. Im folgenden sollen ausgewählte sommerliche Schönwettertagesgänge der Bodentemperaturen von sieben verschiedenen, nicht weit voneinander gelegenen Standorten in der Umgebung von Ibm (Oberösterreich) geschildert werden.

Methodik.

An den betreffenden Standorten wurden schon zwei Tage vor den ersten Messungen 105 cm lange und 5 mm (Innenweite 4 mm) dicke, unten verschlossene Zelluloidröhrchen senkrecht in den Boden versenkt. Die 4 cm über die Bodenoberfläche emporragende obere Öffnung war bis zum Zeitpunkt der Messung gleichfalls mit einem Stoppel verschlossen. Die Messung selbst wurde mit einem Kupfer-Konstantan-Thermoelement vorgenommen. Der Konstantandraht war an den Lötstellen seitlich an den bogenförmig gekrümmten Kupferdraht angelötet, so daß die Meßstelle beim Einschieben in die Zelluloidröhren federnd an deren Wand anlag. Die Drähte waren bis an ihre schleifenförmigen Enden von einem dünnen, schmiegsamen Isolierschläuchchen umkleidet[1].

Als Bezugstemperatur diente kühles Wasser (10—14° C) in einer Thermosflasche, deren Korkstoppel von einem Thermometer und einem kurzen, unten geschlossenen Zelluloidröhrchen durchbohrt war, in das die zweite Lötstelle des Thermoelements eingeschoben werden konnte. Zur besseren Konstanterhaltung der Bezugstemperatur wurde die Thermosflasche in ein Loch neben der Meßstelle in den Boden versenkt. Als Meßinstrument wurde ein Amperemeter der Firma Elektrodyn ($1^0 = 2{,}4 \times 10^{-7\,A}$, $R = 145\,\Omega$) verwendet. Die Messung in den verschiedenen Bodentiefen wurde schließlich durch verschieden tiefes Einschieben der Meßlötstelle in das in den Boden versenkte Zelluloidrohr vorgenommen. Die verschiedenen Tiefen waren auf dem weißen Isolierschläuchchen markiert. Da das Meßgerät etwas träge reagierte, muß mit gelegentlich aufgetretenen Meßfehlern von einigen Zehntelgraden gerechnet werden. Bei den großen Temperaturunterschieden in den oberen Schichten der verschiedenen Böden kann über diese Meßungenauigkeit hinweggesehen werden. Nur beim Zusammenlaufen der Temperaturkurven in 30—50 cm Tiefe machten sich diese Mängel des Meßinstruments unangenehm bemerkbar, da die hier oft nur mehr wenige Zehntelgrade betragenden Temperaturunterschiede und Tagesschwankungen nicht mehr mit der notwendigen Genauigkeit erfaßt werden konnten.

Gleichzeitig mit den stündlichen Messungen der Bodentemperatur in 1, 2, 5, 10, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 und 100 cm Tiefe wurden auch die kleinklimatischen Verhältnisse über der Boden-

[1] Für die Herstellung des Thermoelementes und für meßtechnische Beratung bin ich Herrn Dr. F. Sauberer von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien zu herzlichem Dank verpflichtet.

oberfläche bzw. in dem diese bedeckenden Pflanzenbestand gemessen, und zwar relative Luftfeuchtigkeit, Evaporation, Lufttemperatur, Windverhältnisse und Bewölkung. Auch die Pflanzenbedeckung und ungefähren Wurzellängen wurden für die geprüften Böden aufgenommen.

Die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mit einem Lamprecht-Polymeter, die der Evaporation mit einem Piche-Evaporimeter und die der Lufttemperatur mit einem beschatteten normalen Thermometer. Die Bewölkung wurde in Zehnteln der Himmelsbedeckung und die Windstärke nach der Beaufort-Skala geschätzt.

Bodentemperaturen an verschiedenen Standorten.

Verglichen wurden die Bodentemperaturen in und unter einer Sphagnum-Bulte und einer wasserfreien Schlenke, unter einer abgeplaggten Moorfläche und unter einer Moorwiese, ferner unter einer Fettwiese über Moränenunterlage, in einem Buchenwald und in einem feuchten Schilfgürtel.

Die pflanzensoziologische Charakteristik der betreffenden Pflanzengesellschaften verdanke ich Herrn Dozenten Dr. Gustav Wendelberger, der sie anläßlich eines Besuches an meinen Versuchsstellen aufgenommen hat. Über das Ibmer Moos, seine Entstehung, geographische Lage, Aufbau, Besiedlung, Entwässerung und Bedeutung als Naturschutzgebiet berichten Kriechbaum (1935) und Gams (1947).

Standort I: Charakteristische Hochmoorbulte.

(Ibmer Moos, etwa am halben Weg zwischen Ibm und Hackenbuch, östlich von der Moosstraße.)

Moosbeerengesellschaft. *Oxycocco—Sphagnetum.*

Pflanzendecke: *Sphagnum*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium oxycoccos*, *Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*, *Potentilla erecta*, *Molinia coerulea*, *Rhynchospora alba*, *Aulacomium palustre.*

Beschreibung des Bodens: Die obersten 6 cm Sphagnum, hell, lebend, dann 20—25 cm Sphagnum, hellbraun, absterbend bis tot, relativ trocken, übergehend in etwa 5 cm dunkel schwarzbraunes totes Sphagnum. Darunter, etwa ab 35—40 cm Tiefe, als Basis des Sphagnumhügels, nasser, schwarzer Torfboden.

Wurzeltiefen: *Aulacomium palustre, Vaccinium oxycoccos* und *Drosera rotundifolia* wurzeln hier nur in den obersten Sphagnumschichten. Die Wurzeln der mehr gegen den Rand der Bulte stehenden Pflanzen reichen zumeist bis in den nassen Torfboden.

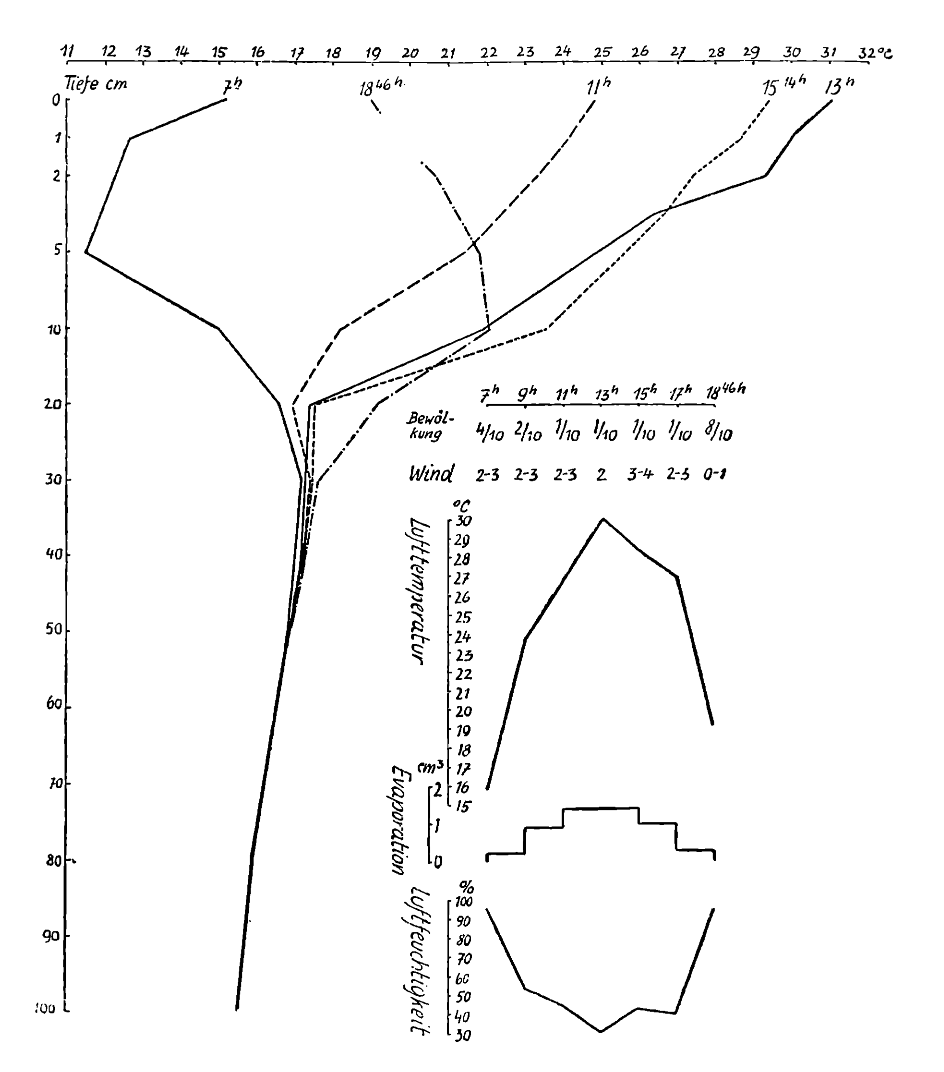


Abb. 1. Standort I, Hochmoor- (Sphagnum-) Bulte.

Kleinklima des Standortes und Bodentemperatur: 22. 8. 1950. (Abb. 1.) Der Übersichtlichkeit halber sind in die Darstellung nur die innerhalb der Beobachtungszeit (etwa 7 bis 19 Uhr) liegenden Kurven der Extremtemperaturen und einige markante Temperaturkurven zu anderen Tageszeiten eingetragen.

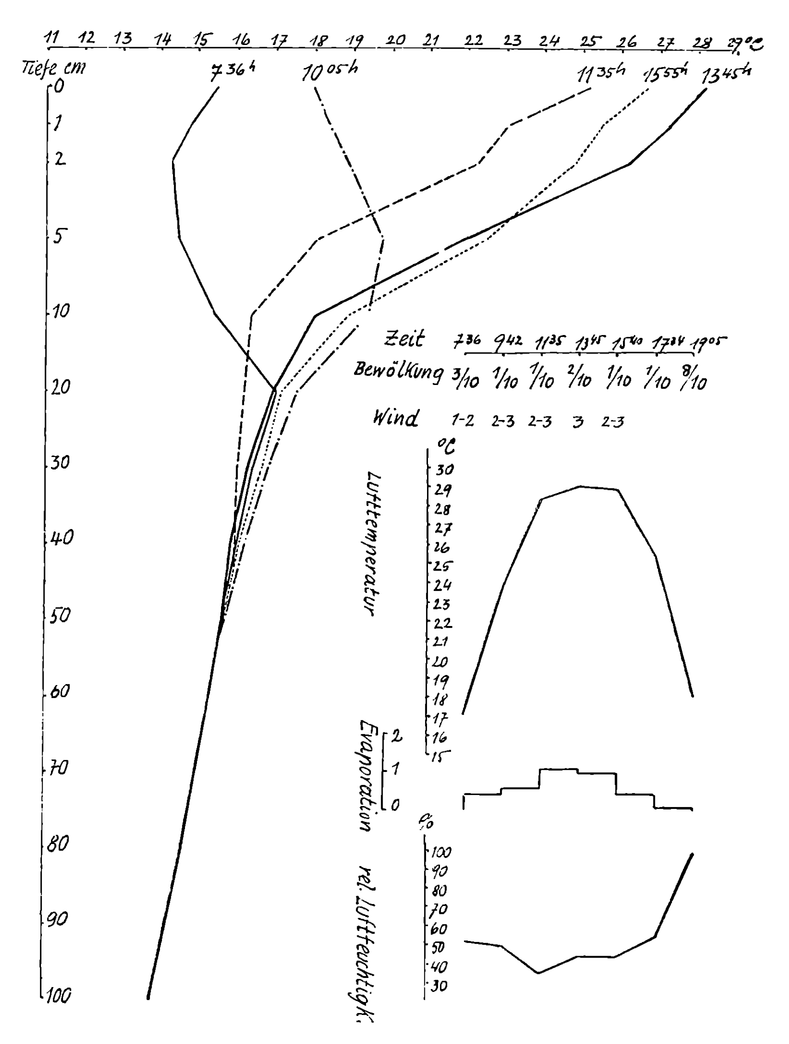


Abb. 2. Standort II, Wasserfreie Schlenke.

Standort II: Wasserfreie Schlenke des Hochmoors.

(1 m entfernt vom Standort I.)

Rhynchosporetum (?).

Pflanzendecke: *Rhynchospora alba, Molinia coerulea, Potentilla erecta, Tofieldia calyculata, Rhamnus frangula.*

Beschreibung des Bodens: Die obersten 8 cm schwärzlicher Torfboden, dann mehr braun aus verfilzten Pflanzenresten aufgebaut. Wasserdurchtränkt. Bei Druck quillt Wasser heraus. In einem 15 cm tiefen Loch sammelt sich Wasser an.

Wurzeltiefen: Wurzeln von Rhynchospora reichen 20 cm und tiefer, die von Tofieldia etwa 10 cm.

Kleinklima des Standortes und Bodentemperatur: 22. 8. 1950. (Abb. 2.)

Standort III: Abgeplaggte Moorfläche.

(Etwa 70 m entfernt vom Standort I.)

Zutage tretender schwarzer Moorboden. Etwa 50 cm oberhalb des Wasserspiegels in den Stichgräben.

Pflanzendecke: An der Meßstelle vegetationsfrei. In der Umgebung vereinzelt *Molinia coerulea, Calluna vulgaris, Potentilla erecta, Andromeda polifolia, Drosera rotundifolia, Rhamnus frangula, Succisa pratensis, Tofieldia calyculata, Lycopus europaeus, Bidens cernuus, Cirsium palustre.*

Beschreibung des Bodens: Etwa 7—8 cm schwärzliche Moorerde, dann verfilzter brauner Torf.

Kleinklima des Standortes und Bodentemperatur: 8. 8. 1950. (Abb. 3.)

Standort IV: Moorwiese.

(Etwa 150 m vom Standort I entlang der Moosstraße. Entwässert, gedüngt.)

Pflanzendecke: *Molinia coerulea, Centaurea jacea, Pimpinella major, Lotus corniculatus, Euphrasia Rostkoviana, Trifolium pratense, Brunella vulgaris, Ranunculus acer, Potentilla erecta, Equisetum palustre, Lythrum Salicaria, Trifolium repens, Achillea millefolium, Cirsium oleraceum, Galium Mollugo, Phragmites communis, Plantago lanceolata, Holcus lanatus,*

Angelica silvestris, *Leontodon hispidus*, *Medicago lupilina*, *Filipendula ulmaria*, *Parnassia palustris*.

Beschreibung des Bodens: 18 cm krümelige schwarze Ackererde, dann fette schwarze Erde mit viel Pflanzenresten. Kein verfilzter Torfboden.

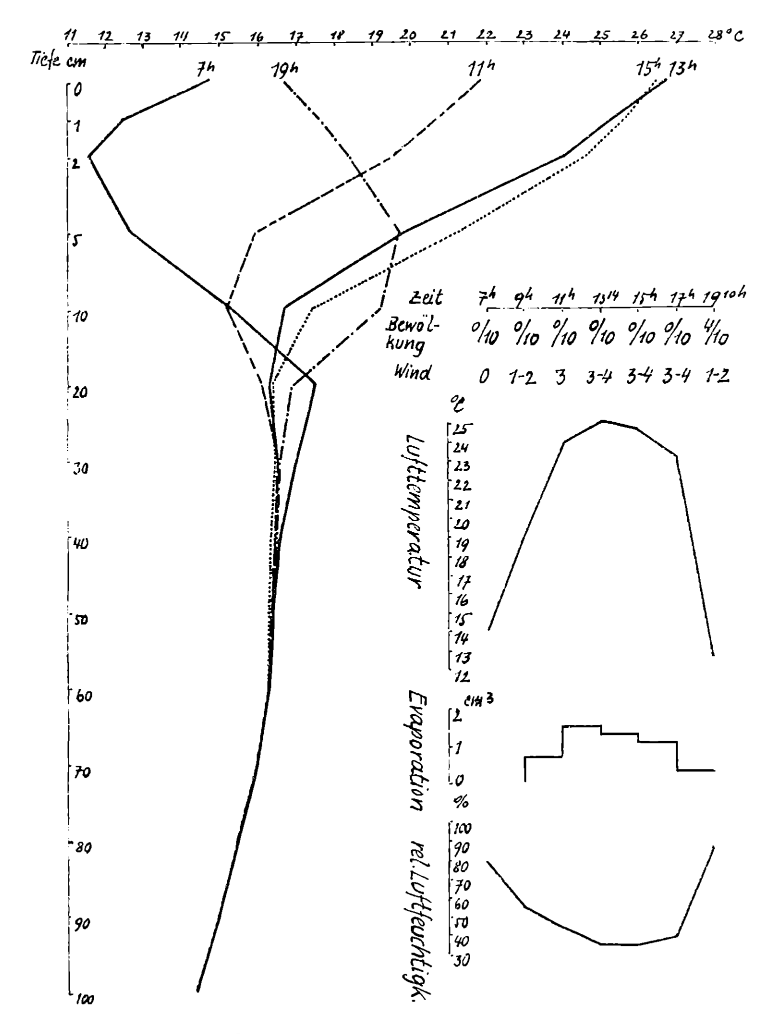


Abb. 3. Standort III, Abgeplaggte Moorfläche.

W u r z e l t i e f e n: Stärkste Wurzelbildung bis 20 cm, dann rasch weniger.

K l e i n k l i m a d e s S t a n d o r t e s u n d B o d e n t e m p e r a t u r: 8. 8. 1950. (Abb. 4.)

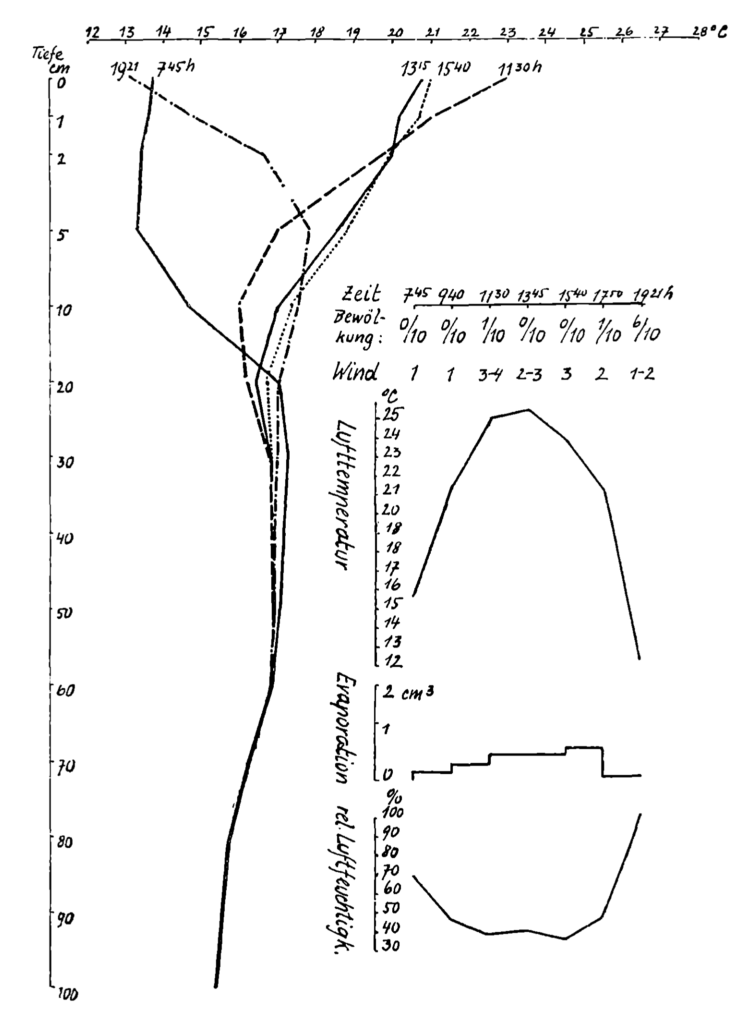


Abb. 4. Standort IV, Moorwiese.

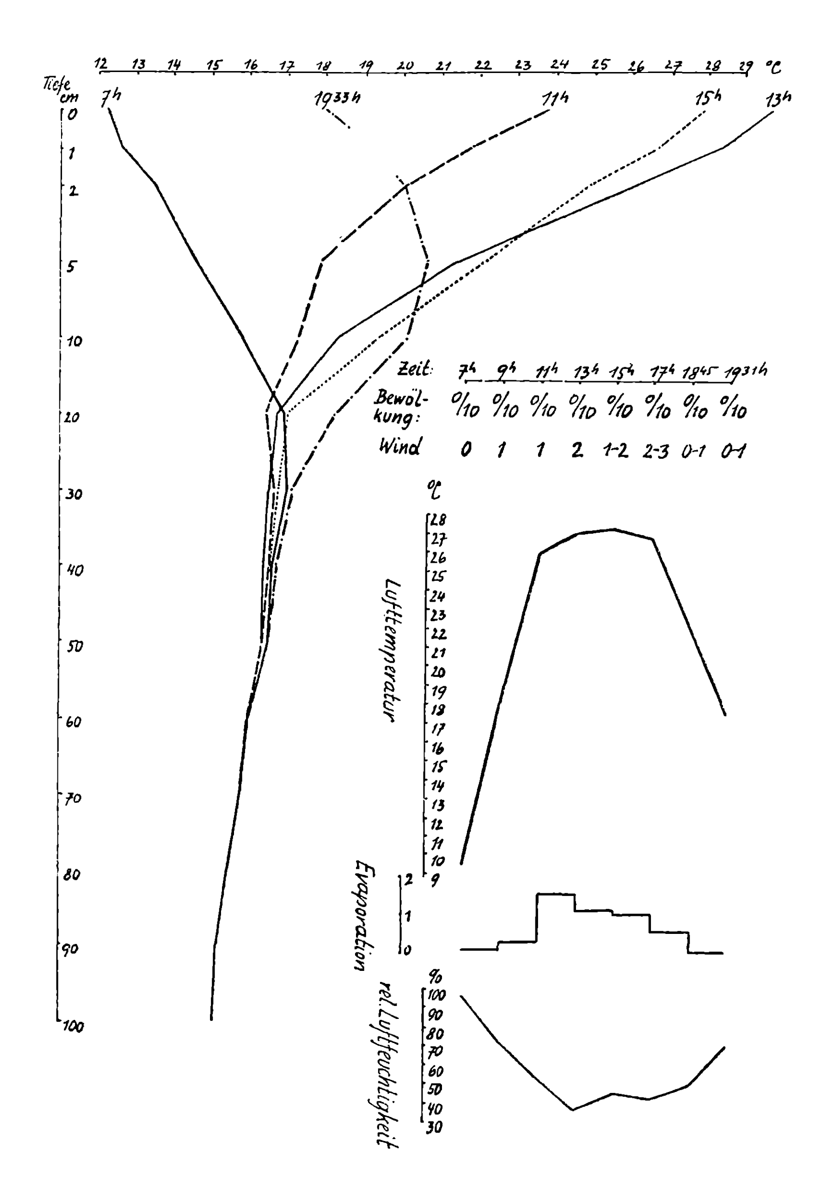


Abb. 5. Standort V, Wiese am Waldrand (Fettwiese).

Standort V: Wiese am Waldrand.

(Nördlich des Leitensees. Meßstelle in einem frisch gemähten Teil der Wiese).

Arrhenateretum elatioris. Fettwiese.

Pflanzendecke: *Arrhenaterum elatius, Cirsium oleraceum, Heracleum sphondylium, Galium Mollugo, Plantago media, Plantago lanceolata, Trifolium pratense, Valeriana officinalis, Lathyrus pratensis, Pimpinella major, Euphrasia Rostkoviana, Sanguisorba officinalis, Medicago lupulina, Chrysanthemum leucanthemum, Knautia arvensis, Daucus carota.*

Beschreibung des Bodens: Etwa 45 cm tief schwarze, fette Ackererde, dann schotterreicher, lehmiger Moränenboden.

Wurzeltiefen: Die reichste Bewurzelung findet sich in den obersten 15—20 cm, bis 30 cm reichen auch noch sehr viele Faserwurzeln, dann nimmt die Zahl der Wurzeln rasch ab.

Kleinklima des Standortes und Bodentemperatur: 10. 8. 1950. (Abb. 5.)

Standort VI: Buchenwald.

(Nördlich des Leitensees. Anschließend an Standort V.)

Fagetum silvaticae in der Subass. von *Polytrichum attenuatum.* Bodensaurer Buchenwald.

Pflanzendecke: *Fagus silvatica, Picea excelsa, Quercus robur.* Strauchschichte fehlt. *Luzula nemorosa, Vaccinium myrtillus, Poa nemoralis*, Fagusnachwuchs, viele Moose.

Beschreibung des Bodens: 1 cm dunkler Humusboden, darunter trockener, leicht schotteriger Sandboden. An einem nahe gelegenen Aufschluß zeigt sich, daß dieser Boden mindestens $1^1/_2$ m tief reicht.

Wurzeltiefen: Wurzeln der Krautschichte etwa 15—20 cm, dann dichter Wurzelfilz der Bäume (in dem Aufschluß bis über 1 m Tiefe zu sehen)

Kleinklima des Standortes und Bodentemperatur: 10. 8. 1950. (Abb. 6.)

Standort VII: Schilfgürtel.

(Knapp neben dem Teich inmitten des Ortes Ibm.)

Scirpeto-Phragmitetum. Teichröhricht.

Pflanzendecke: *Phragmites communis, Calystegia sepium, Lycopus europaeus, Mentha aquatica, Peucedanum palustre, Filipendula*

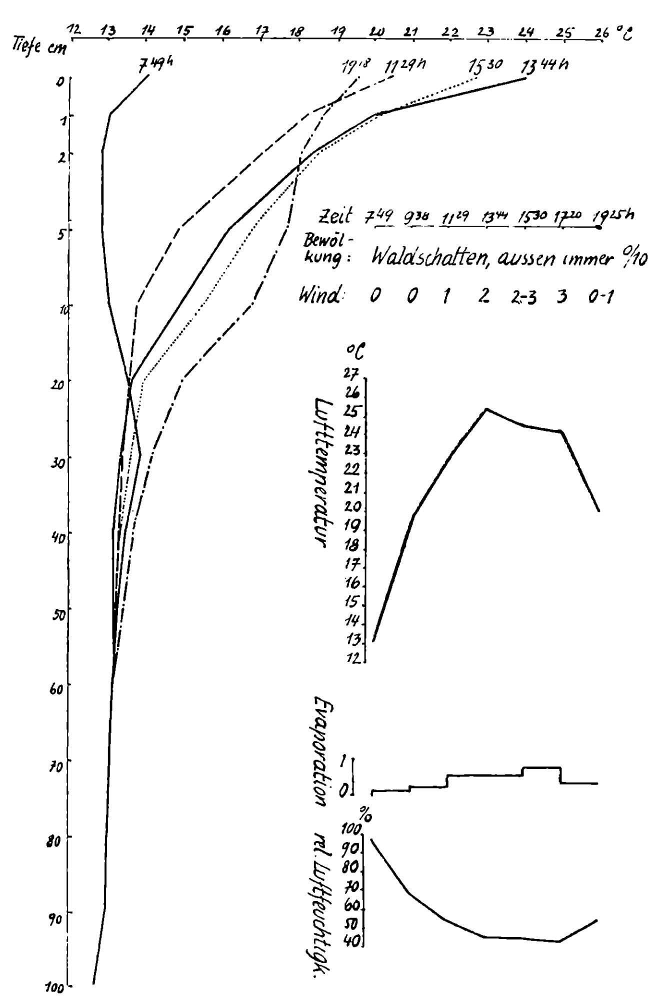


Abb. 6. Standort VI, Buchenwald.

ulmaria, Lysimachia vulgaris, Lythrum Salicaria, Valeriana officinalis, Carex pseudocyperus, Galium palustre, Alnus glutinosa.

Beschreibung des Bodens: Dichter schlammiger Filz aus Wurzeln und toten Pflanzenresten.

Kleinklima des Standortes und Bodentemperatur: 10. 8. 1950. (Abb. 7.)

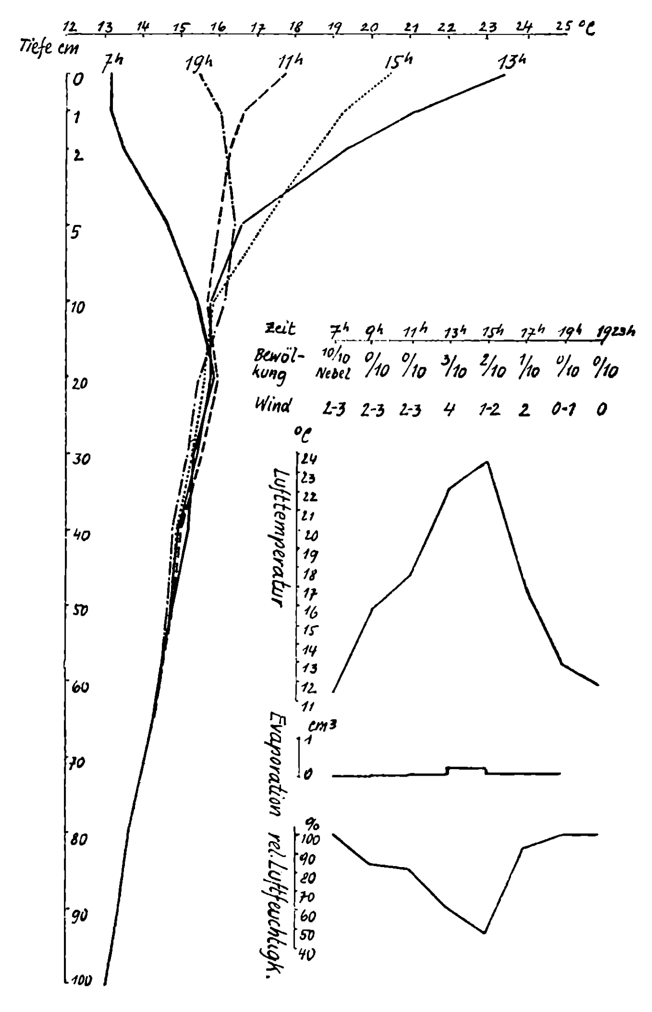


Abb. 7. Standort VII, Schilfgürtel.

Einfluß vorhergegangener Witterungsverhältnisse auf die Bodentemperatur.

Die im vorigen geschilderten Tagesgänge der Bodentemperaturen verschiedener Böden wurden unter sehr ähnlichen Außenbedingungen durchgeführt. Die Witterungsverhältnisse an den Meßtagen waren optimal. Jedem Beobachtungstag sind ein bis zwei

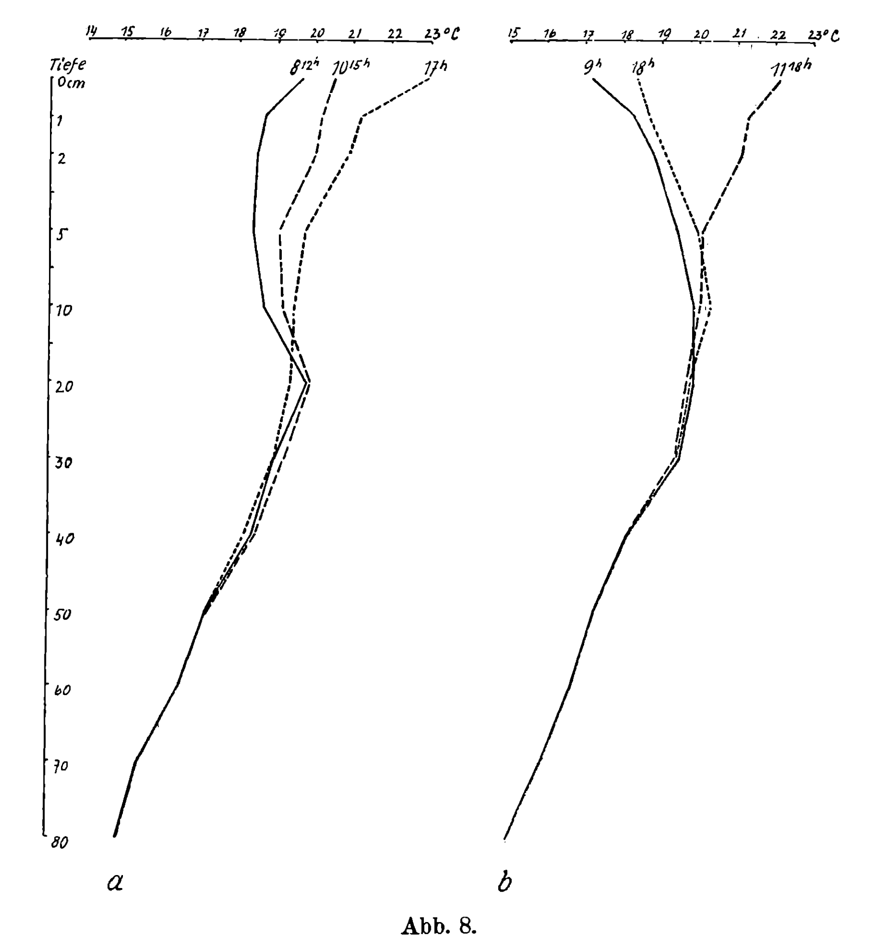


Abb. 8.

a) Standort III, Abgeplaggter Moorboden.
b) Standort IV, Moorwiese.

regenlose Tage vorangegangen, während die noch weiter zurückliegenden Tage durch längere Zeit regnerisch und trüb waren. Daraus erklärt sich die fast konstante Temperatur von 30 bis 60 cm Tiefe und manchmal auch noch tiefer. Das eingedrungene Regenwasser wirkte temperaturausgleichend, und die neuerliche Erwärmung war noch nicht in diese Tiefen eingedrungen.

Anders lagen die Verhältnisse bei Messungen, die zu einem früheren Zeitpunkt (24. 7. 1950) an den Standorten III und IV (abgeplaggter Moorboden und Moorwiese) vorgenommen wurden. Dieser Tag war der erste kühle, regnerische Tag nach einer langen Schönwetterperiode. Herrschte zur Zeit der Hauptversuche nach der vorangegangenen Schlechtwetterperiode in 20 cm Tiefe eine Temperatur von nur 16—17° C, die sich gleichbleibend noch weit nach unten fortsetzte (Abb. 3, 4), so finden wir nach den warmen, regenlosen Tagen in 20 cm Tiefe eine Temperatur von fast 20° C, die aber schon bis zu 80 cm Tiefe rasch auf etwa 15° C abnimmt (Abb. 8 a, b).

Über Beeinflussung der Bodentemperaturen durch Bewölkung und Niederschläge vergleiche diesen Beobachtungen entsprechende Angaben bei Schubert (1930) und Geiger (1942).

Die Temperaturgänge an den Standorten III und IV vom 24. 7. (Abb. 8 a, b) zeigen ferner auch schön den Einfluß der Vegetationsdecke auf die Temperatur des darunterliegenden Bodens. So zeigte der Boden der Moorwiese an seiner Oberfläche unter den Gräsern und Kräutern noch um 9 Uhr eine niedrigere Temperatur als der freie Moorboden des Standortes III um 8 Uhr 20 Min. und weist auch schon in 5 cm Tiefe nur mehr eine geringe Tagesschwankung auf, die im freien Moorboden noch in größere Tiefen reichte.

Besprechung der Tagesgänge.

Dem Vergleich der im vorigen dargestellten Kurven der Bodentemperaturen sei noch einmal die Vegetationscharakteristik der betreffenden Böden vorangestellt. Standort I war eine Sphagnum-Bulte, die in den obersten 30 cm durch ihren Aufbau aus lockerem, zum Teil abgestorbenem Torfmoos ganz aus der Reihe der übrigen Bodenarten herausfällt. Die wasserfreie Schlenke des Standortes II und der abgeplaggte Moorboden des Standortes III sind unmittelbar vergleichbar. Standort IV, die Moorwiese, gehört einerseits zur Serie der Moorböden und ist andererseits interessant als der einzige Standort mit einer vollentwickelten, üppigen Wiesenvegetation, die deutlich Einfluß auf die Temperaturverhältnisse ihres Untergrundes nimmt. Auf der gemähten Fettwiese des Standortes V

kam es demgegenüber zu einer direkten Erwärmung der zwischen den Grasstoppeln zutage tretenden Erde. Dicht von Vegetation beschattet waren dann wieder der Boden des Buchenwaldes (Standort VI) und während des größten Teils des Tages auch der des Schilfgürtels (Standort VII).

In der Nacht zeigen die Moorböden die tiefsten Temperaturen von allen bisher untersuchten Bodenarten. Der feuchte Moorboden besitzt, ähnlich wie ruhendes Wasser, ein geringes Wärmeleitungsvermögen. Die obersten Torfschichten werden daher zu Zeiten starker Wärmeausstrahlung, also des Nachts, infolge geringen Wärmenachschubs von unten, in ihrer Temperatur tief sinken, sich aber umgekehrt zur Zeit der stärksten Wärmeeinstrahlung, also um Mittag, bedeutend erwärmen (Firbas 1931). Feuchte Böden sind „kalte Böden", trockene Böden sind „warme Böden".

Vergleichen wir die Bodentemperaturen am Standort III (Abb. 3, abgeplaggter Moorboden) mit denen des Standortes V (Abb. 5, Fettwiese, frisch gemäht), so wird die starke Abkühlung des Moorbodens sehr deutlich. Obwohl die Lufttemperatur bei der Messung des Moorbodens am 22. 8. 1950 um 7 Uhr früh schon 14° C, am Tag der Messung des Wiesenbodens (10. 8. 1950) zur gleichen Zeit erst 9,6° C erreicht hatte, war der Moorboden in 2 cm Tiefe noch auf 11,5° C abgekühlt gegenüber 13,5° C in gleicher Tiefe des Wiesenbodens. Dabei hatte der frischgemähte Wiesenboden gleichfalls eine direkte Bestrahlung der Bodenoberfläche erfahren.

Wasserreiche Böden erreichen bei gleicher Wärmezufuhr weniger hohe Temperaturen als wasserarme. Dieser Satz erfährt beim Vergleich der Temperatur in der Sphagnum-Bulte (Abb. 1, Standort I) mit jener im Boden der unmittelbar benachbarten wasserfreien Schlenke (Abb. 2, Standort II), besonders in den Tiefen von 2—10 cm, eine gute Bestätigung. Nach Angaben von Firbas (1931) enthält ein *Sphagnum-medium*-Bult in 100 ccm Boden nur 16,2 g Wasser, der nackte Torf im Boden einer austrocknenden Schlenke hingegen 81,8 g!

Die Linien gleicher Temperatur steigen unter den Sphagnumhügeln aus der Tiefe des umgebenden Bodens gleichfalls hügelartig an. Einer Bodentiefe von 1 cm in der unmittelbar neben der untersuchten Sphagnum-Bülte liegenden Schlenke entspricht im Sphagnumhügel eine Tiefe von ungefähr 35 cm. Während aber in 1 cm Tiefe der Schlenke eine Tageshöchsttemperatur von 25° C zu verzeichnen war, finden wir an der Basis der Hügelmitte nur mehr eine während des ganzen Tages konstante Temperatur von 17° C. Die gleiche Temperatur findet sich im Boden der Schlenke erst 20 cm tiefer.

Auffallend ist bei den Moorböden der scharfe Knick der Temperaturkurve um 7 Uhr früh mit einem Maximum in etwa 20 bis 30 cm Tiefe, der sich auch bei den übrigen Böden, wenn auch in wesentlich geringerem Ausmaß, wiederfindet. Es sind das die Ausläufer der maximalen Erwärmung vom Vortag. Homén (1897), von dem bis heute unübertroffene, ausführliche und vollgültige vergleichende Messungen von Bodentemperaturen vorliegen, hat in Finnland in Granitfels, im Boden einer Sandheide und einer Moorwiese von Juni bis September 1893 stündlich bis zu 70 cm Tiefe die Bodentemperaturen gemessen und für die verschiedenen Tiefen auch die Eintrittszeiten der Temperaturmaxima und -minima zusammengestellt. Es sei aus seiner langen Versuchsreihe nur ein Tag herausgegriffen, der unserem Beobachtungsdatum naheliegt. Am 10. August war bei einer höchsten Lufttemperatur um ungefähr 14 Uhr in 10 cm Tiefe im Granitfelsen das Temperaturmaximum um 15 Uhr 10 Min., im Boden der Sandheide um 15 Uhr 20 Min., im Böden der Moorwiese hingegen erst um 21 Uhr erreicht. In 20 cm Tiefe wurde im Granitfelsen die höchste Temperatur um 16 Uhr 30 Min., in der Sandheide um 18 Uhr 30 Min. und in dem schlechtleitenden, nassen Moorwiesenboden gar erst um 4 Uhr früh des darauffolgenden Tages gemessen. Dieser späte Eintritt der Höchsttemperatur spiegelt sich nun auch in unseren morgendlichen Temperaturkurven in den Moorböden deutlich wider.

Die Temperaturminima beobachtete Homén an dem gleichen 10. August 1893 in 10 cm Tiefe im Granitfelsen um 6 Uhr 45 Min., in der Sandheide um 5 Uhr 50 Min., in der Moorwiese aber erst um 11 Uhr. Diese Werte können sich je nach den Witterungsverhältnissen um einiges nach oben oder unten verschieben. Am besten entspricht den Angaben Homéns für den 10. August in unseren Kurven die Bodentemperatur des Standortes III (Abb. 3, abgeplaggter Moorboden), wo in 10 cm Tiefe gleichfalls die niederste Temperatur um 11 Uhr vormittags zu verzeichnen war.

Eine die Schwankungen der Bodentemperaturen mildernde Wirkung einer dichten Vegetationsdecke zeigt sich beim Vergleich des nackten Moorbodens (Standort III, Abb. 3) und des am gleichen Tag (8. 8.) gemessenen Bodens der Moorwiese. Während der bloßliegende Torfboden um 7 Uhr früh an der Oberfläche schon eine Temperatur von 14,7° C aufwies, hatte die Bodenoberfläche der Moorwiese unter dem Blattwerk der Wiesenpflanzen um 7 Uhr 45 Min. erst eine Temperatur von 13,7° C. Während aber der abgeplaggte Moorboden in 2 cm Tiefe eine Abkühlung auf 11,5° C zeigte, war der Moorwiesenboden in dieser Tiefe auf 13,4° C temperiert. Zur Zeit der höchsten Wärmeeinstrahlung um Mittag, zu

der sonst alle Böden in den obersten Schichten Höchsttemperaturen zeigten, war infolge Beschattung der gemessenen Bodenstelle durch Wiesenkräuter auf der Moorwiese eine niedrigere Temperatur zu beobachten als etwa um 11 Uhr 30 Min. In der Zeit von 7—19 Uhr stand einer Temperaturschwankung von 13,1° C in 1 cm Tiefe des nackten Moorbodens (Standort III) in gleicher Tiefe der dicht bewachsenen Moorwiese nur eine solche von 7,5° C gegenüber. Einen gewissen Einfluß mag hier allerdings auch die unterschiedliche Bodenzusammensetzung nehmen. Standort III lag auf reinem Torfboden, während der Boden der Moorwiese in den oberen Schichten schon stark mineralisiert war.

Eine ähnliche Verringerung der Temperaturschwankungen in geringen Bodentiefen finden wir auch im Buchenwald (Abb. 6), wo die Baumschichte die Aus- und Einstrahlung hemmt, und im Schilfgürtel (Abb. 7), wo das gleiche durch den dichten Schilfbestand erreicht wird. Der kurze, um 13 Uhr beobachtete Temperaturanstieg im Schilfgürtel in den obersten 2 cm des Bodens war auf vorübergehende direkte Bestrahlung durch die hochstehende Sonne zurückzuführen.

Auch die für die Jahresmittel der Bodentemperaturen im Laubwald beobachtete Erscheinung, daß diese im Vergleich zum freien Feld wesentlich niedrigere Maxima erreichen, während sich die Minima nicht so stark unterscheiden (Schubert 1930), läßt sich an den beiden am gleichen Tag aufgenommenen Schönwettertagesgängen am Standort V (Fettwiese, Abb. 5) und VI (Buchenwald, Abb. 6) wiederfinden. Während die niedersten Temperaturen um 7 Uhr früh in 2 cm Tiefe an beiden Standorten nur um etwa 0,5° C voneinander abweichen, liegt die im Wald um 15 Uhr 30 Min. erreichte Höchsttemperatur des Tages um etwa 6° C unter der in gleicher Tiefe auf der offenen Wiese beobachteten.

Eine einfache Temperaturcharakteristik der verschiedenen Böden läßt sich durch Angabe der in den verschiedenen Tiefen auftretenden Temperaturschwankungsbereiche geben. Abb. 9 zeigt diese für die sieben untersuchten Böden in anschaulicher graphischer Darstellung.

Daß verschiedene Bodentemperaturen von Einfluß auf das Absorptionsvermögen der Wurzeln sind, und zwar in dem Sinne, daß niedere Temperatur die Wasseraufnahme herabsetzt, ist durch viele Untersuchungen belegt. Auch daß dieser Erschwerung der Wasseraufnahme eine Herabsetzung der Transpiration folgt, ist bekannt. Besonders durch Firbas (1931) und B. Döring (1935) wurde aber gezeigt, daß diese Temperaturwirkungen auf die Wurzeln von Pflanzen verschiedener Standorte sehr verschieden stark

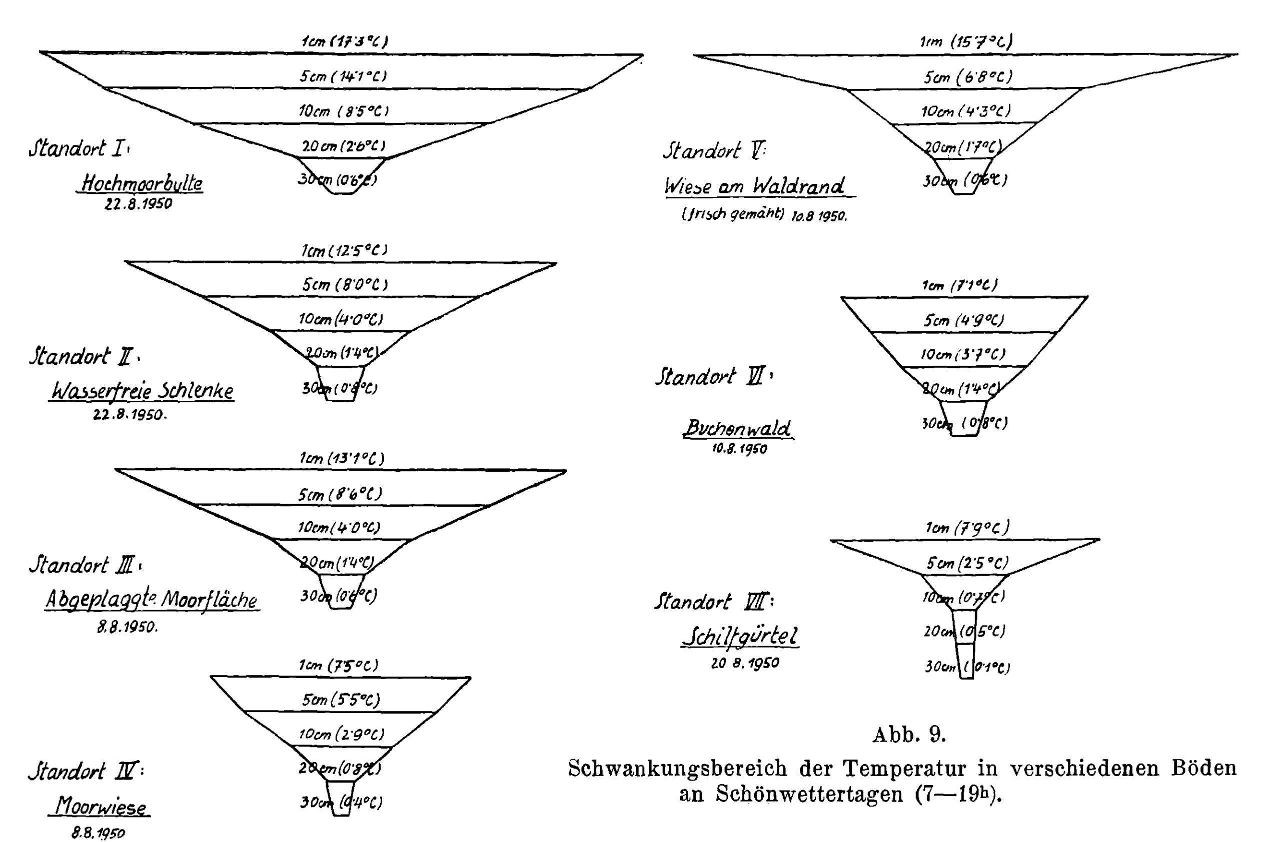


Abb. 9.

Schwankungsbereich der Temperatur in verschiedenen Böden an Schönwettertagen (7—19h).

ausgeprägt sind. So sind z. B. die Hochmoorpflanzen durch den kalten Boden in ihrer Wasseraufnahme kaum behindert. Von Döring durchgeführte Übertragungsversuche, in denen Hochmoorpflanzen in Potometern zuerst einer Wurzeltemperatur von + 20° C und dann einer solchen von 0° ausgesetzt wurden, zeigten eine relativ geringe Störung der Wasseraufnahme, während Pflanzen, die auf wärmeren Böden heimisch sind, als Folge einer solchen plötzlichen Wurzelabkühlung ihre Wasseraufnahme stark herabsetzten.

Es wäre interessant, solche Untersuchungen auf Flach- und Tiefwurzler eines gegebenen Standortes auszudehnen und mit Transpirationsmessungen und Messung der Bodentemperatur am Standort zu verbinden. Es erscheint sehr wahrscheinlich, daß manche Unterschiede in den Transpirationstagesgängen verschieden tief wurzelnder Pflanzen, die man im allgemeinen dem verschiedenen Bodenwassergehalt zuzuschreiben pflegt, auch durch die unterschiedliche Bodentemperaturen mitbedingt sind.

Zusammenfassung.

Es wurden die Bodentemperaturen in sieben verschiedenen Böden (vier Moorböden, Fettwiese, Buchenwald, Schilfgürtel) in der Umgebung von Ibm (Oberösterreich) an vergleichbaren hochsommerlichen Schönwettertagen untersucht. Die einfachste Charakteristik der Temperaturverhältnisse im Boden erfolgt durch Angabe des täglichen Schwankungsbereichs der Temperatur in den obersten Bodenschichten. Während in 30 cm Tiefe bei allen untersuchten Böden keine nennenswerten Schwankungen mehr auftraten, waren sie bis zu 20 cm Tiefe sehr verschieden. Es ergibt sich folgende Reihung der untersuchten Böden nach abnehmenden Temperaturschwankungen in den obersten Bodenschichten: Sphagnum-Bulte, Fettwiese, abgeplaggter Moorboden, wasserfreie Schlenke, Moorwiese, Buchenwald, Schilfgürtel. Auf pflanzenökologische Fragen, die mit der Bodentemperatur zusammenhängen, wird hingewiesen.

Literaturverzeichnis.

Döring, B., 1935: Die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme und ihre ökologische Bedeutung. Zeitschr. f. Bot. **28**, 305—383.

Firbas, F., 1931: Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Hochmoorpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. **74**, 459—696.

Gams, H., 1947: Das Ibmer Moos. Jahrb. d. Oberöst. Musealvereins, **92**, 1—48.

Geiger, R., 1942: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft, Bd. 78, Vieweg u. Sohn, Braunschweig.
Homén, Th., 1897: Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Helsingfors.
Huber, B., 1935: Der Wärmehaushalt der Pflanze. Naturwissenschaft und Landwirtschaft, Heft 17, Datterer u. Co., Freising-München.
Kriechbaum, E., 1935: Innviertler Landschaften. I. Das Ibmer Moos. Braunau.
Kühnelt, W., 1950: Bodenbiologie. Herold, Wien.
Nitsche, H., 1937: Der Einfluß der Wurzelabkühlung auf Wasseraufnahme und Transpiration der Pflanzen. Österr. Bot. Zeitschr. **86**, 161—197.
Rouschal, E., 1935: Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme ganzer Pflanzen. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, **144**, 313—348.
Schimper-v. Faber, F., 1935: Pflanzengeographie, Bd. 1, Fischer, Jena.
Schubert, J., 1930: Das Verhalten des Bodens gegen Wärme. In Blank, Handb. d. Bodenlehre, **6**, 342—375.